

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl'

H04N 5/74



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03813405.5

[43] 公开日 2005 年 8 月 24 日

[11] 公开号 CN 1659867A

[22] 申请日 2003.6.12 [21] 申请号 03813405.5

[30] 优先权

[32] 2002.6.12 [33] US [31] 60/387,597

[86] 国际申请 PCT/CA2003/000889 2003.6.12

[87] 国际公布 WO2003/107663 英 2003.12.24

[85] 进入国家阶段日期 2004.12.10

[71] 申请人 奥普提克斯晶硅有限公司

地址 美国 加州 圣何塞 凯特位地区 2025 号  
360 室

[72] 发明人 佐拉沃·S. 巴锡

格雷戈里·莱昂内尔·史密斯  
路易·李

[74] 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理有限公司

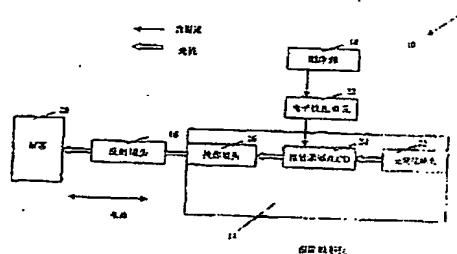
代理人 蔡晓红

权利要求书 6 页 说明书 19 页 附图 11 页

[54] 发明名称 短投影距离的投影系统和方法

[57] 摘要

一种基于输入图像数据的在投影屏幕上显示校正光学图像的短投影距离的投影系统和方法，包括电子校正单元、图像投影仪和反射装置。电子校正单元接收输入图像数据并产生预失真图像数据。图像投影仪从电子校正单元接收预失真图像数据并投影与预失真图像数据对应的预失真光学图像或由投影光学失真补偿的预失真图像。光学反射装置定位在预失真光学图像的光路上以将光学图像投影到投影屏幕上。反射装置可根据需要包括不同曲面镜和平面镜的组合。电子校正单元被编码以使图形(表示为图形图像)的几何图形预失真，从而当预失真光学图像通过图像投影仪投影并在反射装置中反射时，在显示的光学图像中消除与反射装置内的图像投影仪和反射镜相关联的光学和几何失真。



4-7  
4-2  
4-1  
008-1  
55N-1

BEST AVAILABLE COPY

1. 一种基于输入图像数据的在投影屏幕上显示失真校正光学图像的投影系统，其特征在于，包括：

- (a) 用于接收输入图像数据并产生预失真图像数据的电子校正单元；
- (b) 与电子校正单元相连、用于接收预失真图像数据并提供与预失真图像数据对应的预失真光学图像的图像投影仪；
- (c) 一种包括至少一个平面镜或曲面镜的反射装置，所述光学反射装置定位在预失真光学图像的光路上以产生投影到投影屏幕上的显示的光学图像；以及
- (d) 所述电子校正单元适用于使输入图像数据的几何形状预失真从而当通过图像投影仪提供并在光学反射装置中反射基于所述预失真图像数据的所述预失真光学图像时，在显示光学图像中消除与所述图像投影仪和所述反射装置相关联的光学、几何和校正失真。

2. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：还包括和图像投影仪相关联的显示装置，其中电子校正单元也调整与所述输入图像数据相关联的图像亮度，从而可以补偿由于光学元件、光路和显示装置的特性引起的亮度变化。

3. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中所述电子校正单元还适用于独立使输入图像数据的每一原色的几何形状预失真并产生预失真原色图像数据以补偿每个色彩光学折射中的差别，从而当通过图像投影仪和反射装置将与预失真原色图像数据相关联的预失真原色图像投影到投影屏幕时，消除了与每个原色光学图像相关联的光学和几何失真。

4. 如权利要求 3 所述的投影系统，其特征在于：其中所述图像投影仪包

括：

- (i) 产生平行光束的光发生器；
- (ii) 与光发生器相连接的分色机，其将光束分为对应于预失真原色图像数据中原色光流的分离的原色光流；
- (iii) 位于分色机前方的显示装置，用于使用预失真原色图像数据调节分离的原色光流；以及
- (iv) 位于显示装置前方的光学装置，用于将预失真光学图像投影并聚焦到投影屏幕上。

5. 如权利要求 4 所述的投影系统，其特征在于：从包括电子管和激光器的组中选择所述光发生器，所述显示装置是微型显示器，并且所述光学装置是一组镜头。

6. 如权利要求 4 所述的投影系统，其特征在于：还包括多个显示装置，其中所述光分离器将分离的原色光流对准所述多个显示装置，每个显示装置适用于使用对应的原色图像数据同时调节每条原色光流，并且其中所述光学装置进一步适用于使所有的原色光学图像对准并聚焦为合成的彩色光学图像。

7. 如权利要求 4 所述的投影系统，其特征在于：其中所述图像投影仪的光学装置包括散光元件，其用于至少部分补偿所述预失真光学图像光路中的聚焦散光。

8. 如权利要求 4 所述的投影系统，其特征在于：其中所述图像投影仪的光学装置包括具有未校正光学失真和横向色差中至少一个的广角镜头。

9. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中所述反射装置包括至少一个用于校正光学和几何失真中至少一个的曲面镜和一个平面镜，其中所述至少一个曲面镜和平面镜的反射表面置于预失真光学图像的光路中。

10. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中所述反射装置包括凸面镜，其中凸起的反射表面位于预失真光学图像的光路中。
11. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中所述反射装置包括凹面镜，其中凹入的反射表面位于预失真光学图像的光路中。
12. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中所述反射装置的所述至少一个曲面镜包括双曲线/双曲面镜。
13. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：所述反射装置包括第一曲面镜和第二曲面镜，从而预失真光学图像的光路从所述第一曲面镜的表面反射到所述第二曲面镜的表面。
14. 如权利要求 13 所述的投影系统，其特征在于：其中所述第一曲面镜是凸面镜，所述第二曲面镜是凹面镜，从而预失真光学图像的光路从所述第一曲面镜的凸起表面反射到所述第二曲面镜的凹入表面。
15. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中所述反射装置包括至少一个曲面镜和至少一个平面镜以降低光学包络。
16. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中所述电子校正单元、投影单元以及反射装置适用于工作在前投影配置中。
17. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中所述电子校正单元、投影单元以及反射装置适用于工作在背投影配置中。
18. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中所述投影系统包括用于将所述光学装置朝投影屏幕平面收缩以减少投影屏幕前障碍的旋转装置。
19. 如权利要求 1 所述的投影系统，其特征在于：其中预失真光学图像分为至少两条光路，其中所述反射装置的至少一个平面镜放置在至少两条光路的每一个中，从而每条光路包括显示光学图像的不同部分，每个部分投影所述投

影屏幕的不同部分。

20. 如权利要求 1 所述的投影系统结合如权利要求 1 所述的至少一个其他投影系统，其特征在于：其中每个投影系统在投影屏幕上显示光学图像的不同部分。

21. 如权利要求 19 或 20 所述的投影系统，其特征在于：其中所述显示在投影屏幕上的光学图像的不同部分发生轻微重叠，并且其中电子校正单元使用显示光学图像的边缘软化以降低或消除其中的可视接缝。

22. 一种基于输入图像数据的在投影屏幕上显示失真校正光学图像的投影方法，其特征在于：包括：

- (a) 接收输入图像数据并产生预失真图像数据；
- (b) 通过图像投影仪提供预失真光学图像，所述预失真光学图像对应于预失真图像数据；
- (c) 在包括至少一个平面镜或曲面镜的反射装置中反射预失真光学图像以在投影屏幕上产生显示的光学投影图像；
- (d) 其中(a)进一步包括预失真输入图像数据的几何图形从而当通过图像投影仪提供并在光学反射装置中反射基于所述预失真图像数据的所述预失真光学图像时，在显示的光学图像中消除与图像投影仪和反射装置相关联的光学、几何和校正失真。

23. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：还包括调整与所述输入图像数据相关联的图像亮度，从而可以补偿由于光学元件、光路和显示装置的特性而发生的光学亮度变化。

24. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：还包括独立使输入图像数据的每个原色的几何形状预失真以补偿每个色彩光学折射中的差别，从而当通

过图像投影仪和反射装置将和预失真原色图像数据相关联的预失真原色图像投影到投影屏幕时，消除了与每个原色光学图像相关联的光学和几何失真。

25. 如权利要求 24 所述的方法，其特征在于：其中 (b) 进一步包括产生平行光束、将光束分为原色光流、定位一个显示装置以调节预失真原色图像数据以及将预失真光学图像投影并聚焦到投影屏幕上。

26. 如权利要求 25 所述的方法，其特征在于：将原色分离光束对准各自的显示装置，每个显示装置适用于使用对应的原色图像数据同时调节每条原色光流以及将每个原色光学图像对准并聚焦到合成的彩色光学图像。

27. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：进一步包括在预失真光学图像的光路中提供散光元件以补偿聚焦散光效应。

28. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：进一步包括在预失真光学图像的光路中提供具有未校正光学失真和横向色差中至少一个的广角镜头。

29. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：其中 (c) 包括将所述预失真光学图像反射到凸面镜的表面。

30. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：其中 (c) 包括将所述预失真光学图像反射到凹面镜的表面。

31. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：其中 (c) 包括将所述预失真光学图像反射到双曲线/双曲面镜的表面。

32. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：其中 (c) 包括顺序将所述预失真光学图像从第一曲面镜的表面反射到第二曲面镜的表面。

33. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：其中 (c) 包括顺序将所述预失真光学图像从充分校正光学和几何失真中的至少一个曲面镜和平面镜的表面反射到另外一个曲面镜和平面镜的表面，以降低光学包络。

34. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：其中所述第一反射镜是凸面镜，所述第二反射镜是凹面镜。

35. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：其中投影系统工作在前投影配置中。

36. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：其中投影系统工作在背投影配置中。

37. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：进一步包括将光学装置朝投影屏幕平面收缩以减少投影屏幕前的障碍。

38. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：进一步包括将预失真光学图像分成至少两条光路，其中所述反射装置的至少一个反射镜置于至少两条光路的每一个中，从而每条光路包括显示的光学图像的不同部分，每个部分投影所述投影屏幕的不同部分。

39. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：该方法至少由两个分离的投影仪系统实现，每一投影仪系统执行权利要求 22 的方法以在投影屏幕上显示投影图像的不同部分。

40. 如权利要求 36 或 37 所述的方法，其特征在于：还包括显示的光学图像的不同部分的边缘柔化，以减少或消除其中的可视接缝。

## 短投影距离的投影系统和方法

技术领域

本发明涉及投影系统和方法，特别涉及短投影距离的投影系统和方法。

背景技术

一般的投影系统可根据观众的位置和投影仪相对于屏幕的位置分为前投影装置和背投影装置。在前投影系统中，观众和投影仪在屏幕的相同一侧，投影仪的图像通过屏幕反射到观众。在背投影系统中，投影仪和观众处于屏幕的不同侧，投影仪的图像“穿透”屏幕到观众。

图1示出现有技术的背投影系统21和现有技术的前投影系统23。如图所示，可根据屏幕20将图像投影仪25放置在不同位置。投射率定义为投影距离d除以屏幕对角线长度D，或者：

$$\text{投射率} = \frac{d}{D} \quad (1)$$

在构造任何投影系统时的通常的设计目标是在不牺牲图像质量的情况下使投射率最小化。如前所述，投射率定义为从最远的光学元件（一般是投影仪）的屏幕开始的距离和投影图像的大小（由图像/屏幕对角线给出）的比值。对于背投影系统（其中投影仪和屏幕被物理连接成单个功能单元，例如背投影电视）而言，使投射率最小化尤为重要。在此单元中，使投射率最小化意味着容纳屏幕和投影仪的机体具有更小的厚度。使前投影的投射率最小化提供了另一个重要的优点，诸如将投影仪放置在距离屏幕表面近的地方使放置更为简便，并避免演讲者和听众干扰光路。

为了降低投射率，现有技术方法结合了平面镜、低扭曲以及广视域(FOV)镜头以使光路（用作降低投影距离）交叉，降低投射距离，从而减小投射率。通过调整光学表面形状（镜头类型、焦距、镜角），可以使图像失真最小化。其缺点在于，所需光学元件很难设计并且制造昂贵，并且限制了光学元件的大小和放置。光学和几何限制表现为枕形或桶形失真以及梯形失真。将失真最小化的需求极大地限制了现有系统的设计。

如 Hiller 等在专利号为 6233024 的美国专利中揭示的，近年来，曲面镜和用来消除失真的计算电路得到了使用。然而，在美国专利 6233024 中揭示的发明仅限于优化背投影系统（由于使失真最小化），并且虽然失真得以降低，但仍然存在。再者，镜方位角限于一定范围内并且限于单投影仪系统。最后，专利号为 6233024 的美国专利基于使用扫描激光束在屏幕上产生图像的投影原理，其中计算电路控制光束的偏差和强度，这是一种笨重的和不灵活的方案，仅提供有限的数据调整。

当前基于 CRT 的投影系统在由水平和垂直反射电路所电子控制的光栅扫描格式中产生图像。这些反射电路集成产生非线性反射控制信号的补偿电路以为反射角间的非线性提供补偿，从而显示表面扫描区域。这种失真导致枕形失真图像。一般地，可以调整此补偿电路以补偿投影系统中镜头失真或其他失真偏差。对于新一代采用固定点阵显示的投影系统，特别是微型显示器而言，不适合采用此补偿方法。此外，采用微型显示器的投影系统需要大约 100 倍的光学放大率以投射 60—70 英尺的图像。由于运送和老化所带来的误差，这需要投影景片在制造和调整中，定位调整和校准具有高的允许误差。

最后，任何广角和偏轴投影系统所固有的是光学膜中光路的巨大变化。和其他光学元件偏差（例如，光源、显示设备、镜头等）会导致投影的图像亮

度和色度不均匀。同样，光色反射的偏差会导致图像色彩出现巨大偏差。

### 发明内容

本发明提供一种基于输入图像数据的在投影屏幕上显示失真校正光学图像的投影系统，包括：

- (a) 用于接收输入图像数据并产生预失真图像数据的电子校正单元；
- (b) 与电子校正单元相连、用于接收预失真图像数据并提供与预失真图像数据对应的预失真光学图像的图像投影仪；
- (c) 一种包括至少一个平面镜或曲面镜的反射装置，所述光学反射装置定位在预失真光学图像的光路上以产生投影到投影屏幕上的显示的光学图像；以及
- (d) 所述电子校正单元用于使输入图像数据的几何图形预失真，从而当通过图像投影仪提供并在光学反射装置中反射基于所述预失真图像数据的所述预失真光学图像时，在显示的光学图像中消除与所述图像投影仪和所述反射装置相关联的光学、几何和校正失真。

本发明的另一方面提供一种基于输入图像数据在投影屏幕上显示失真校正光学图像的投影方法，包括：

- (a) 接收输入图像数据并产生预失真图像数据；
- (b) 通过图像投影仪提供预失真光学图像，所述预失真光学图像对应于预失真图像数据；
- (c) 在包括至少一个平面镜和曲面镜的反射装置中反射预失真光学图像以为投影屏幕上的投影产生显示的光学图像；
- (d) 其中(a)进一步包括预处理输入图像数据的几何图形，从而当通过图像

投影仪提供并在光学反射装置中反射基于所述预失真图像数据的所述预失真光学图像时，在显示的光学图像中消除与图像投影仪和反射装置相关联的光学、几何和校正失真。

本发明实现了极短投影距离的投影并使用数字图像处理电路以补偿极宽角和非平面镜所固有的线性二维失真。数字图像处理电路也提供补偿横向色差、元件偏差以及系统校正产生的失真。光学地校正这些固有的二维失真一般是很困难和昂贵的。

以下将结合附图阐述本发明的进一步方面和优点。

#### 附图说明

在附图中：

图 1 是现有技术的背投影系统和现有技术的前投影系统的示意图；

图 2 是现有技术的背投影仪的示意图，示出如何使用单平面镜使光路交叉；

图 3 使现有技术的背投影仪的示意图，示出如何使用两个平面镜使光路交叉；

图 4 是本发明投影系统的实例结构的框图；

图 5 是从曲面镜反射后的失真图像的示意图和校正失真的预失真图像的实例的示意图；

图 6 是图 4 投影系统的另一个实例结构的侧视图，该投影系统为使用曲面镜的单交叉背投影系统；

图 7 是图 4 投影系统的另一个实例结构的侧视图，该投影系统为使用曲面镜的单交叉前投影系统；

图 8 是图 4 投影系统的另一个实例结构的示意图，该投影系统为使用凸面镜的桌面前投影系统；

图 9 是图 4 投影系统的另一个实例结构的示意图，该投影系统为带可伸缩反射光学部件的前投影系统；

图 10A 和图 10B 是图 4 投影系统的其他实例结构的示意图，所述投影系统为使用凹和凸双曲线/双曲面镜以使光路交叉；

图 11 是图 4 投影系统的另一个实例结构的示意图，该投影系统为依次使用凸面镜和凹面镜的双交叉背投影系统；

图 12 是图 4 投影系统的另一个实例结构的示意图，示出来自单投影仪的光束是如何分为两条光路，其中每半条光束分别用于投影半个屏幕；以及

图 13 是图 4 投影系统的另一个实例结构的示意图，示出通过连接两台投影系统如何使两台图像投影仪形成一半图像。

#### 具体实施方式

图 2 和图 3 示出一般的现有技术的具有理想交叉 (fold) 的背投影系统 21 和现有技术的使用光路交叉以降低投影距离  $d$  和相应投射率的背投影系统 31。

图 2 示出单交叉方案，其中通过使用平面镜 33 将光路从投影仪 25 反射到屏幕 20 来实现图像交叉。特别地，单交叉的事实是使投影仪可以放置在平面镜 33 的前方，其具有和将投影仪 25 定位为投影仪 25' 相同的效果。这种方案导致投影距离的减少（即，距离  $d$  而非与非交叉方案相关联的距离  $d'$ ）。如图所示，距离屏幕  $d/s$  ( $s > 1$ ) 的交叉将使投射率减少  $s$ 。如果正确选择镜角和投影仪，显示的图像应该没有任何的失真。所示的单交叉方案需要适当配置平面镜 33 和投影仪 25。特别地，如图所示，如果平面镜 33 表面和一般投影线 N

之间的夹角为  $\alpha$ ，那么应该将投影仪 25 定位在与一般投影线 N 夹角为  $\pi - 2\alpha$  的位置，从而由投影仪 25 投影的图像以正确的角度到达平面镜 33。

如图 3 所示，可通过使用两个平面镜 33 和 35 实现多交叉。同样地，距离屏幕  $d/s$  ( $s > 1$ ) 的交叉将使投射率减少  $s$ 。如果正确选择镜角和投影仪，显示的图像应该没有任何的失真。所示的双交叉方案需要适当配置平面镜 33、35 和投影仪 25。特别地，如图所示，如果平面镜 33 表面和一般投影线 N 之间的夹角为  $\alpha_2$ ，并且将平面镜 35 定位在和一般投影线 N 夹角为  $2\alpha_2 - \alpha_1$  处，那么应该将投影仪 25 定位在与一般投影线 N 夹角为  $2\alpha_2 - 2\alpha_1$  处，从而由投影仪 25 投影的图像以正确的角度到达平面镜 35，并且投影仪 14 能够数字调整数据。下面将详细描述电子校正单元 12 的具体工作原理。

图像投影仪 14 从电子校正单元 12 接收预失真图像数据并产生与由投影镜片 26 的任何光学失真所调整的预失真图像数据相对应的预失真光学图像。图像投影仪 14 包括光发生单元 22、微型显示装置 24 和投影镜头 26。光发生单元 22 包括诸如光源（例如，台灯或激光器）的部件（未示出）、色分离镜和合 成器/准直仪（未示出）。微型显示装置 24 可以是任何市场上可用的微型显示硬件（例如，LCD，CRT，DLP<sup>TM</sup>，LCOS 等），用于根据电子校正单元 12 所产生的预失真数字图像数据，通过反射/透射光产生光学图像。根据随后的描述，将会理解多个微型显示装置 24 可代替使用单个显示装置以实现输入图像的独立色彩校正。投影镜头 26 包括通过反射镜头 16 将预失真图像投影并聚焦到投影屏幕 20 上的镜头。

投影镜头 26 包括广视域镜头或降低散光的镜头。同样，投影镜头 26 的投影角可以是普通的或广视域的，并且当在曲面镜中反射时扩展到更广视野。投影镜头 26 有足够的视野，其仅需要一个平面镜提供所需的视野以获得投射率。

本发明不需要投影镜头 26 不失真，这是因为可通过数字图像处理来校正投影镜头 26 和曲面镜中的任何失真。投影镜头 26 的设计目标是在投影屏幕 20 的区域厚度内降低散光或改进聚焦质量。

反射装置 16 从包含预失真光学图像的图像投影仪 14 接收光束。反射装置 16 包括曲面和/或平面镜，如上所述，其用作使光路交叉并以一种方式配置，以从较大程度上降低投射率，同时使屏幕的过扫描最小化，从而使刷新率的损耗最小化。通过结合多个反射镜来实现投射率的变化，例如单独使用凸和凹曲面镜或结合平面镜，这将在以下部分详述。

相应地，投影系统 10 通过使用特殊配置的投影元件提供了光学图像的无失真投影。进一步地，能够理解投影系统 10 能够配置为工作在前投影方案或后投影方案中。最后，当使用“无失真”时，应该理解该术语指不同类型的几何失真例如梯形失真、倾斜、枕形失真/桶形失真和其他非线性效应以及不能聚焦的问题（例如散光）。

现在参照图 4 和 5，电子校正单元 12 用于用几何方法使输入数字图像预失真，从而使显示的光学图像以无失真的方式显示。

图 5 提供了理想图像 44 在曲面镜（未示出）中反射的失真图像 40 的实例。图中也示出预失真图像 42，它在曲面镜中反射时，会校正或补偿曲面镜引起的失真并且使理想图像 44 投影到投影屏幕 20 上。即，当预失真图像 42 反射到曲面镜时，理想图像 44 会投影到投影屏幕 20。特别地，在不存在任何校正的情况下，理想图像 ABCD 在投影屏幕 20 上显示为曲线“梯形”EFGH，其拐角/边界如图所示。通过以反方式使图像预失真，如所示的“梯形”IJKL，最终显示的图像将与屏幕 ABCD 精确匹配并相应地为无失真。

投影系统 10 根据几何变换使用电子校正单元 12 以使输入图像预失真，这

是投影仪（未示出）和相关反射（镜）镜头（未示出）引发的几何失真的逆过程。如果在投影系统 10 内得到的完全失真（由于镜头/反射镜）用变换  $F$  表示，那么根据  $F^{-1}$  使图像预失真，并且存在一下关系式：

$$\text{显示图像} = F(F^{-1}(\text{输入图像})) = \text{输入图像} \quad (2)$$

相应地，电子校正单元 12 在本质上“释放”与无失真显示图像的需求相关联的限制系统。数字纠正失真的能力意味着对于特定的设计目标而言，需要不同的光学表面形状和光学元件（例如角度、镜类型和镜头等）。在没有几何校正的情况下，由于光学处理步骤的不同，显示的图像将发生失真。电子校正单元 12 施加的预失真在实质上是输入图像数据的再取样/过滤。根据  $F^{-1}$  对象素进行取样，使象素的位置经历几何变换。变换  $F^{-1}$  可以通过不同光学元件的空间变换特性得以确定。电子校正单元的特性将决定需要规定的  $F^{-1}$  格式（例如，按照 2 维表面、1 维多项式等）。

由于光学折射，不同色光在穿过图像投影仪 14 的投影镜头 26 时具有不同的空间变换。如果不被校正的话，则会产生横向色差 (lateral chromatic aberration)。如前所述，光发生单元 22 (图 4) 包括色分离镜（未示出）和合成器/准直仪（未示出）以提供三种分离色光流。在光发生单元 22 中的光分离器（未示出）的前方定位微型显示装置（或将描述的装置）24。如前所述，光发生单元 22 中的光分离器将光束分离为分离的主色光流。然后相关联的微型显示装置（装置）24 使用电子校正单元 12 的电路（或将描述的电路）提供的预失真主色图像数据调节分离的主色光流。以这种方式，使在投影屏幕 20 的投影图像上执行横向色差的校正成为可能。同样，也使在微型显示装置 24 上调整与输入图像数据相关联的图像亮度成为可能，从而可以补偿由于光学元件、投影路径和显示设备的特性而发生的亮度变化。

应该理解，通过时分多路复用图像数据彩色信号，可以使用单微型显示装置 24。然而，可以使用任意多个（例如，“三个”）微型显示装置取代单微型显示装置 24。在使用多微型显示装置时，为每个微型显示装置提供独特的与特定色彩（例如，红、蓝、绿）相关联的预失真图像数据。即，每个微型显示装置 24 用于使用电子校正单元 12 的电路（或将描述的电路）提供的适当的预失真主色图像数据，调整来自光发生单元 22 的分离的主色光流。以这种方式，使在投影屏幕 20 的投影图像上执行横向色差的校正成为可能。同样，在多微型显示装置 24 的情况下，可以在每个独立的微型显示装置 24 上调整与输入图像数据相关联的图像亮度，从而可以补偿由于光学元件、投影路径和显示设备的特性而发生的亮度变化。

最后，能够通过电子校正单元 12 中的单电路将三种图像数据色彩信号（例如，红、蓝和绿）按时多路复用（即，顺序提供）到电子校正单元 12。然而，电子校正装置 12 可任意使用多个（如，“三个”）分离电路（未示出），（根据需要独立或统一地）独立处理图像数据的每个主色的几何图形。当多（如，“三个”）电路在只使用一个微型显示装置 24 的条件下不足够时，可考虑兼容性原因（即，在需要与单个或三个微型显示装置 24 兼容的条件下）。

电子校正单元 12 也用于亮度非均匀或光度非均匀的校正。由于图像投影仪元件的限制（例如，光发生单元等）或光路特性，投影屏幕 20 上的显示的图像会发生亮度变化。特别地，投影屏幕 20 的投影点或区域和变化的光路同时相关联。这意味着负责显示图像的不同屏幕点或区域的光来自不同光源并传播不同的距离。由于显示图像的点或区域的密度与平方距离成反比，这导致了显示的图像中的亮度变化。电子校正单元 12 用于在投影前预调像素亮度，从而最终的图像以均匀的亮度显示。根据预置图在色彩空间内预调像素亮度（类

似  $F^{-1}$  记为  $G^{-1}$ )。该图只工作在彩色空间并且不需要附加过滤 (即, 只调整像素色彩值而不调整像素位置)。至于  $F^{-1}$ , 能够从不同光学元件和光路的亮度/广度变换特性确定  $G^{-1}$ 。电子校对单元将  $G^{-1}$  施加到每个像素的色值。简单的情况由线性函数给出:

$$G^{-1}(O) = \alpha O + \beta$$

其中对于每个像素而言,  $O$  是 RGB 色值, 而功能参数  $\alpha$  和  $\beta$  是常数。

投影系统 10 的电子校正允许更灵活的光学镜头的选择, 这是因为通过预扭曲而非通过匹配镜头的光学特性来消除任何相关联的失真。特别地, 可以使用广角镜头, 它能以更短的投影距离投影相同大小的图像, 从而提供另一种降低投射率的变量。然而, 值得注意的是, 不能通过几何预失真校正该聚焦问题 (和几何问题相反), 而需要通过选择合适的镜头光学处理。

镜头类型的灵活性也扩展了能够使用的反射镜的类型。现有技术的投影系统主要处理平面反射镜头, 这是因为通过仔细配置不同的光学元件 (例如, 见图 2) 能够消除这些反射镜所产生的失真。相反, 使用反射曲面镜导致屏幕图像根据梯形失真和枕形失真/桶形失真类型效果的结合而发生失真并且相应地, 不可能仅通过光学元件的选择性配置来补偿这些类型的失真。然而, 使用投影系统 10 的电子几何校正, 可以轻易消除这些失真。返回图 5, 其示出了由于曲面镜的反射产生的失真屏幕图像 40 以及相应的用作校正几何失真的预失真图像 42 的一个实例。

使用曲面镜的好处是投射率能够进一步降低。一般而言, 曲面镜反射的两条相邻光线的夹角大于平面镜反射的两条相邻光线的夹角。这意味着当球面镜与平面镜放置在距离投影仪相同位置时, 球面镜具有更大的投影大小 (即, 屏幕对角线)。换句话说, 放置在距离投影仪更近位置的曲面镜可获得相同的图

像大小，这意味着更短的投影距离以及由此带来的更小的投射率。在实际中这会导致更小的用以完全容纳投影系统（屏幕/镜/投影仪）的机体尺寸或空间需要。

图 6 示出一种本发明的投影系统的实例的实现方式，该实例为背投影结构（即投影系统 60）。投影系统 60 包括电子校正单元 62、图像投影仪 64（投影仪镜头在 P 点）以及反射镜头 66，所述反射镜头 66 在单交叉背投影配置中包括微曲面镜 63（例如，所示凸面类型连接 C 和 D）。如图所示，曲面镜 63 使投影系统 60 能够获得比传统的平面镜 61（连接 A 和 B）更低的投射率。应该理解可在投影系统 60 中使用其他类型的曲面镜以及合理配置的电子校正单元以获得类似的投射率。

图像源（未示出）为电子校正单元 62 提供输入图像数据，然后通过电子校正单元 62 处理输入图像数据直到产生合适的预失真图像为止。然后将预失真图像提供给图像投影仪 64（投影仪镜头在 P 点），图像投影仪与水平线 H 成  $\alpha$  的夹角，其孔径角为  $\theta$ 。在没有一般性损耗时，认为上面一条光线 PA 和屏幕平行（即， $\theta/2 + \alpha = \pi/2$ ）并且下面一条光线 PB 与 PA 夹角为  $\theta$ 。下面将描述观众 5 观看通过反射镜头 66 反射到投影屏幕 20 的预失真图像。

开始，示范性平面交叉系统（即，使用连接 A 和 B 的平面镜 61），平面镜 61 将预失真图像反射到投影屏幕 20（连接 E 和 F）上。根据反射规则，在 B 点，底部的一条光线 PB 反射到投影屏幕 20 的 F，对于顶部一条光线而言，在 A 点将光线 PA 反射到投影屏幕 20 的 E。以这种方式位于上面的光线 PA 和下面的光线 PB 之间的光线以及整个光束被投影到投影屏幕 20 上。如图所示，平面系统的投影厚度以  $d_2$  表示。

假设图像投影仪参数（即，位置和角度）固定，投影仪发出的光椎（即，

组成图像的光椎)固定,沿着光线 PA 和 PB 上分别将点 A 和 B 朝 P 方向移动到 C 和 D, 投影距离理论上减少。从这点来说, 需要在 C 点将光线 PC 反射到 E, 并且在 D 点将 PD 反射到 F。虚线部分 KC 和 LD 将角 PCE 和 PDF 二等分, 而实线 GH 和 IJ 是相对应的垂足。为了使入射和反射角度相等, C 和 D 间的反射镜必须在 C 点和 GH 相切, 并在 D 点和 IJ 相切。

一般而言, 切线 GH 和 IJ 的斜率不相同, 这意味着 CD 处的反射镜 63 是弯曲的(在本特殊情况中是凸面的)。实际上, 对于图 6 所示的给定光椎和屏幕 20 配置而言, 点 A 和 B 间仅可能是平面镜 61。通过使用包含曲面镜 63 的反射镜头 66, 投影距离从  $d_2$  降至  $d_1$ , 这导致更小的投射率。通过特定投影和屏幕配置的屏幕/光椎的定位/几何结构, 可以确定 C 点和 D 点的切线斜率以及 C 点和 D 点的位置。一旦这些得以确定, 能够精确(算术)描述一系列具有所需特性的曲面镜, 即使用所需切线插入点 C 和点 D 的三次样条(cubic spline)函数曲线。

根据传统知识, 通过改变两个内部控制点而不改变底切线(即, GH 和 IJ), 可以获得一系列的曲线。这导致反射镜具有不同的曲率属性, 所有的曲率属性满足 PC 在 C 反射到 E 并且 PD 在 D 反射到 F 的条件。选择一条最佳曲线以确保可建立相关联的反射镜并使任何聚焦问题最小化。曲线最好是凸面或凹面的。最后, 机体 68 用于容纳图 6 的背投影系统(其具有更小的厚度  $d_1$ )以及充分的附加空间以容纳其他所需的元件, 而不挡住投影系统 10 的镜头。

以上的描述是基于二维的曲率几何图形。特别地, 假设曲面镜仅在较小的长度上弯曲(即, 在图 6 所示的平面上)。期望在反射镜更长的长度上引入曲率(到图 6 平面的横线上)。虽然此步骤和上面描述的二维情况的步骤相同, 但为了达到以上目的, 必须进行更复杂的三维分析。需要考虑全光椎(由四条

光线包围, 未示出)的反射, 而不仅仅只考虑上面的光线 PA 和下面的光线 PB。光锥的四角反射点朝投影仪 64 (位于点 P) 移动以减少投影距离 d。

这四个点以及它们所定义的梯形必须以一种方式反射, 从而屏幕平面中的“梯形”(由于从弯曲的表面反射而成为曲线)所覆盖的区域完全覆盖屏幕(如图 5 所示, 其中梯形 EFGH 完全覆盖屏幕 ABCD)。这确保了在电子校正单元 12 电子校正后, 显示图像完全覆盖矩形投影屏幕 20。如果在没有校正的情况下, 投影屏幕的某些部分没有投影, 那么任何电子校正都不能够投影这些区域。应该理解对于只在一个方向弯曲的反射镜而言该必要条件也是必需的。通过知道反射梯形上的至少八个点(4 个角和 4 个中点)的位置和切线平面, 可以精确地将一组曲面镜定义为一组双三次样条表面。可选择这些表面为凸面或凹面以产生最小化聚焦问题。

图 7 示出本发明投影系统的另一个实例的实现, 该实例为前投影装置(即投影系统 70)。投影系统 70 包括电子校正单元 72、图像投影仪 74(投影镜头在 P)和反射镜头 76。所述反射镜头 76 在单交叉前投影结构中包括微曲面镜 73(例如, 所示凸面类型连接 C 和 D)。如图所示, 曲面镜 73 使投影系统 70 能够获得比使用平面镜代替曲面镜 73 时更低的投射率。应该理解可在投影系统 70 中使用其他类型的曲面镜以及合理配置的电子校正单元 72 以获得类似的投射率。

在没有任何反射镜头时, 前投影系统仅仅包括位于投影仪位置 P'的图像投影仪。一个关键的设计局限是该投影仪必须放在低于线 FM 的位置, 从而它不会遮挡屏幕前的观众 5 的视线。选取方向角  $\alpha$  和孔径角  $\beta$  以使投影距离  $d_2$  最小化, 同时保持整个投影屏幕 20 的投影。一般来说, 需要为此方案做梯形失真校正。如图所示, 通过使用位于投影仪位置 P'和投影屏幕 20 间连接 C、

D 两点的反射镜 73 (平面或曲面), 以及将图像投影仪 14 向投影仪位置 P 适当移动来减少投影距离。可使用与描述投影系统 60 (图 6) 相同的步骤描述投影系统 70 中的曲面 (或平面) 镜。即, 通过指定 C 点和 D 点的切线斜率和位置, 有可能将面镜 73 描述为样条曲线 (spline curve)。另外, 投影仪位置 P 可以变化以确定最佳表面形状。和前述的投影系统 60 相同, 可以使用凸面镜或凹面镜以及合理配置的电子校正单元 12。

如图 7 所示, 反射镜头 76 包括可聚光的凸面镜 73 (如图从 P 点出来的光线)。为了使用可聚光面镜 (converging mirror) 获得相同的图像大小 (屏幕对角线), 必须使用广角镜头 (即,  $\theta > \theta'$ )。这是镜头类型灵活性的一个实例, 通过合理配置的电子校正单元 12 使灵活性成为可能。当孔径角增加时, 由镜头产生的光学失真也增加, 但是可通过电子校正单元 12 内的电子几何预失真来补偿这些光学失真。使用反射镜头 76 将投影距离由  $d_2$  降低到  $d_1$ , 由此使整机体的大小更小。图像投影仪 74 和反射镜头 76 可被置于一较小的机身 78 中。同样地, 整个设备需根据需要放置在直线 FM 以下。

图 7 分别示出图 8 和图 9 中两个紧凑型投影系统 80 和 90 的基本原理。两个投影系统 80 和 90 分别使用单凸面镜 83 和 93 用于图像交叉。

图 8 示出本发明的投影系统的另一个实例地实施, 该系统为紧凑型前投影仪 (即投影系统 80)。投影系统 80 包括电子校正单元 82、图像投影仪 84 以及反射镜头 86, 所述反射镜头 86 在单交叉前投影配置中包括微曲面镜 83 (例如, 所示的凸面类型)。投影系统 80 是桌面式设计, 其中机身 88 容纳电子校正单元 82、图像投影仪 84 和反射镜头单元 86。假设图像源 (未示出) 位于投影系统 80 的外部。同样, 应该理解可在投影系统 80 中使用其他类型的曲面镜以及合理配置的电子校正单元 82。

反射镜头 86 的曲面镜反射镜头使装置 80 在不遮挡观众 5 的情况下靠近投影屏幕 20。电子校正装置 82 会数字校正任何失真或亮度不均匀。通过调整反射镜 83 和图像投影仪 84 的角向来调整投影系统 80，并且在电子校正单元 82 内适当调整预失真位置。

图 9 的投影系统 90 是投影系统 80 (图 8) 的一个变形，其中图像从上述投影屏幕 20 将投影到投影屏幕 20。机体 98 采用紧凑型设计，将其放置在屏幕 20 的平面附近或其中，但位于平面上部以免遮挡观众 5 的实现，并容纳电子校正单元 92 和图像投影仪 94。反射镜头 96 包括放置在屏幕 20 和观众 5 之间地曲面镜 93，使用支撑臂 97 再一次将其定位，从而它不会遮挡视线。根据习知技术，当系统没有使用时，支撑臂 97 能够通过旋转、伸缩或类似的方式伸缩。支撑臂 97 也使反射镜 93 的角向能被调整。与图 6 的背投影系统的情况相同，在两种系统中，能够扩展机体 98 以容纳屏幕 20 (或臂 97)。

总体参考图 6、7、8 和 9，对每个投影系统中所使用的曲面镜的描述是根据样条曲线/表面，并通过某些点（一般称为控制点）的一组切线/平面和位置所定义。这是曲面镜的非常一般性的描述，但是应该理解可使用更具体类型的曲面镜。存在一些具有公知反射特性的面镜/表面，例如球形、椭圆形、双曲线和抛物线表面。反射镜类型的选择基于反射镜和投影镜头单元的光学特性。即，这两个元件必须以屏幕图像聚焦的方式相匹配。对于任何曲面而言，如果曲率太大或不正确选择曲率，那么就会产生聚焦问题。在某些情况下，理想的曲面镜可以是中间类型（部分椭圆形或在一个方向上是椭圆形等）。

特别地，图 10 示出使用双曲线/双曲面反射镜实现投影系统 100 和 110 中的光路交叉。双曲线的特性是来自双曲面焦点的光线就像从其他焦点发出的一样被反射。投影系统 100 示出图像投影仪 104 是如何被放置在双曲面（双曲面

的坐标轴以虚线表示) 的焦点  $f_1$ 。第二焦点位于  $f_2$  处。双曲面的凸曲面(如  $f_1$  所示) 用于曲面镜 103。来自  $f_1$  的光线经过反射镜 103 反射就像从焦点  $f_2$  发出的一样, 该焦点形成(图像) 投影仪的图像。对于三维情况而言(反射镜在双向弯曲), 双曲线被双曲面所代替, 而反射特性保持不变。

投影系统 110 包括反射镜 113 的凸面元件(其和焦点  $f_1$  位于“垂直”坐标的一侧)。同样, 光线反射好像它是由焦点  $f_2$  发出的一样。由于凸面镜 113 是可聚光面镜, 图像投影仪 114 需要广角镜头。值得注意的是, 虽然必须校正的失真不太严重(也会减少任何聚焦问题)并产生处理与大小的折衷, 机体的大小将增加(更长的投影距离)。这可以从投影到屏幕的光线的方向看出, 该方向符合图 2 的现有技术的投影系统的方向, 图 2 中使用了平面交叉镜。

图 11 示出使用两个双曲面镜 121 和 123(即依次为凹面镜和凸面镜)的双交叉背投影系统 120。如上所述, 任何系统(背投影或前投影)的反射镜头都不限于单一反射镜类型。将图像投影仪 124 放置在第一反射镜 121 的焦点  $f_1$  处, 其中反射镜 121 作为双曲线的发散凸面部分。这用作扩展图像, 从而图像投影仪 124 和反射镜 121 的结合有效地用作广角镜头。第一反射镜 121 的焦点  $f_2$  同样和第二反射镜 123 的焦点相匹配, 第二反射镜 123 的焦点作为第二双曲线的发射凸面部分。第二反射镜 123 的光线反射就像它们是从反射镜 123 的第二焦点  $f_3$  发出的一样。发散第二反射镜 123 导致失真降低, 而第一发散反射镜 121 使一般的镜头的作用看上去像广角镜头。类似地, 任何以上所述的系统可包含第二曲面镜, 作为其反射镜头的一部分。

图 12 示出另一个示例性投影系统 130, 其中来自单一投影仪 134 的光束分为两条光路, 每半条光束分别反射以投影一半的屏幕。如图所示, 反射镜头 136 包括两对自反射平面镜 131、135 以及 133、137。通过使用多反射镜(多

于两个) 和/或多于一个图像投影仪单元可获得进一步的改变。多反射镜和/或投影仪可用于将光路和相关反射镜头划分/分为多个子单元，投影屏幕的不同部分。

在图 12 中，每对反射镜 131、135 和 133、137 组成独立的双交叉反射镜头单元，其分别投影一半的屏幕。第一对平面镜 135 和 137 也用作将光束(光椎)分成两路，然后这两路光线从两个平面镜 131 和 133 反射到屏幕上。这有效地降低了左侧和右侧的反射镜对所看见的孔径角，这导致更小的平面镜尺寸，而同时保持小的投放率。电子校正单元必须适当校正左侧和右侧的二等分，从而在屏幕上重新产生准确的图像。这能够平均地从原始信号形成两个不相交的子图像并独立地使它们预失真。通过每条光路投影的图像或者投影的屏幕部分在中心(图 12 的点 C)附近重叠。在此重叠区，亮度级更大并且需要电子校正单元做一些形式的边缘混和或软化以获得全屏幕上的无缝图像。单一边缘混和实现方式定义预失真子图像中的重叠区，从而当投影到屏幕上时，这些区具有相同的宽度。此外，子图像重叠区中的亮度级应在补偿线性斜率中衰减，从而子图像亮度级的总和为定值。

图 13 提供了另一个使用两个图像投影仪(分别形成一半的图像，而不是将图像/光束光学地分开)的示例性投影系统 140。曲面镜 141、145 和 143、147 用于减少投影距离。该方案称为连接双背投影系统。即，通过使用两个图像投影仪 144 和 144'(每个投影一半的原始信号)使光椎分开。两组发散凸面镜 141、145 和 143、147(一条光路一组凸面镜)用于进一步降低投射率。每个图像投影仪 144 和 144'有单独的电子校正单元 142 或共享的单一单元。这两个子图像独立失真和/或通过电子校正单元 142 调整这两个子图像的边缘，从而最终的图像显示为无失真、无缝并尽可能和图像源信号接近。

无论使用角镜或曲面镜，由于光路中的散光，有可能产生聚焦问题。简而言之，来自图像投影仪外部区域不同部分的光在不同的距离聚焦。如果焦点距离变化很大，则很难获得良好的聚焦。为了克服此问题，将附加的形状约束放置在反射镜上以限制任何散光。在上述曲面镜的基于样条的结构中，可以在不破坏（特定切线斜率和位置的）边缘要求的情况下调整控制点，以控制表面的曲率。这使反射镜的形状以使散光最小化的方式变化。特别地，可以规定限制性的情况，在这些情况之间散光量是可以接受的。另一种方法是将补偿散光加到图像投影仪的投影镜头中。将一个或多个圆柱形镜头元件加到投影镜头中是可能的，从而在整个区域产生统一和已知的散光度。然后可以将曲面镜设计为整个区域的容许偏差内统一反转散光。这在设计中加入了附加的自由度——投影镜头中的散光量，其可以变化以优化反射镜形状和整个系统的光学性能。

应该理解在没有电子校正单元 12 所获得的一般电子几何校正的情况下，必须设计投影系统 10 以确保总图像失真为可接受的。由于曲面镜的失真效应、偏轴投影（梯形失真效应）和可能的圆柱形镜头元件，这种设计局限性是个问题。本发明电子校正的使用提供了对于投影系统而言，几何失真（以及亮度不均匀）从设计局限性中消除，并且这些现有的局限性被看作设计“自由度”。相应地，可自由调整光路的图像失真以改善散光和其他色差。此外，输入信号的数字校正（通过预失真）可用于补偿散光和其他色差，从而在观看屏幕上产生无失真的图像。

为了图示的目的，现在在来自凸面屏幕反射的内容中描述此优化的实例。得到的没有任何校正的图像会显示为枕形失真加上梯形失真（如图 5 的 EFGH）。众所周知，枕形失真的倒转是桶形失真（如图 5 的 IJKL，它有垂直的梯形元件）——通过根据桶形失真预失真，可以降低或消除枕形失真。从而

另一种消除来自凸面镜的失真的可能性是通过使用广角镜头增加桶形失真。通过将两个补偿效应紧密匹配，能够消除反射镜/广角镜头的“曲线”引起的失真，并使电子校正装置主要补偿偏轴投影/梯形效应。

相应地，投影系统 10 包含通用短投影距离的光学系统，其具有固有的失真，但同时使用电子校正电路获得短投影距离，该电子校正电路用于几何和其他光学失真的校正。电子校正单元 12 通过将反失真应用到输入图像数据中以补偿该光学失真来消除现有技术系统中发生的残留光学失真。电子校正单元 12 也具有校正与制造偏差相关联的显示偏差并同时提供常规显示处理功能（例如图像处理和测量）的能力。电子校正单元 12 也使用数字图像处理以补偿与光学包络（envelope）中光路的大的偏差相关的光学偏差和其他光学元件偏差（例如，光源、显示设备、镜头等），这些偏差会导致亮度和色度的不均匀。

为获得短投射率，投影系统 10 使用带光学校正或错误投影镜头的曲面镜，或者带广角投影镜头的平面或曲面镜。电子校正单元用作消除任何几何失真（包括横向色差）并校正亮度不均匀，该过程在现有技术中是通过光学方法实现的。本系统设计不再受使用光学方法使失真最小化的局限性限制。这也具有附加的好处：能够使用数字方法而不是更复杂的光学方法进行微调。通过结合多个反射镜（平面和/或非平面）和/或图像投影仪可获得偏差。该系统适用于前投影和后投影装置。揭示了具体的具有短投射率的前投影和后投影系统。

对于本领域技术人员而言，显而易见的是，在不脱离本发明保护范围的条件下，可以针对以上所述设备做出不同的改动，本发明保护范围在权利要求书中详细阐述。

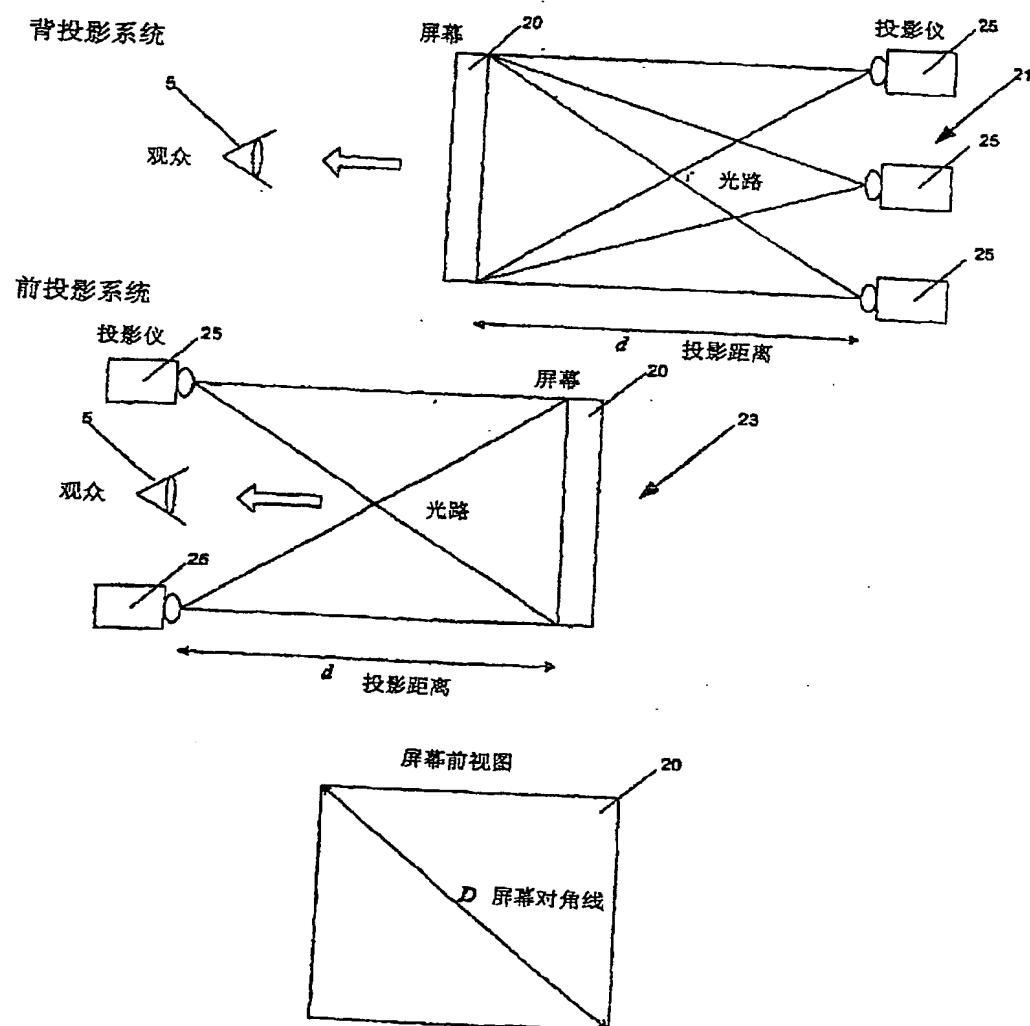
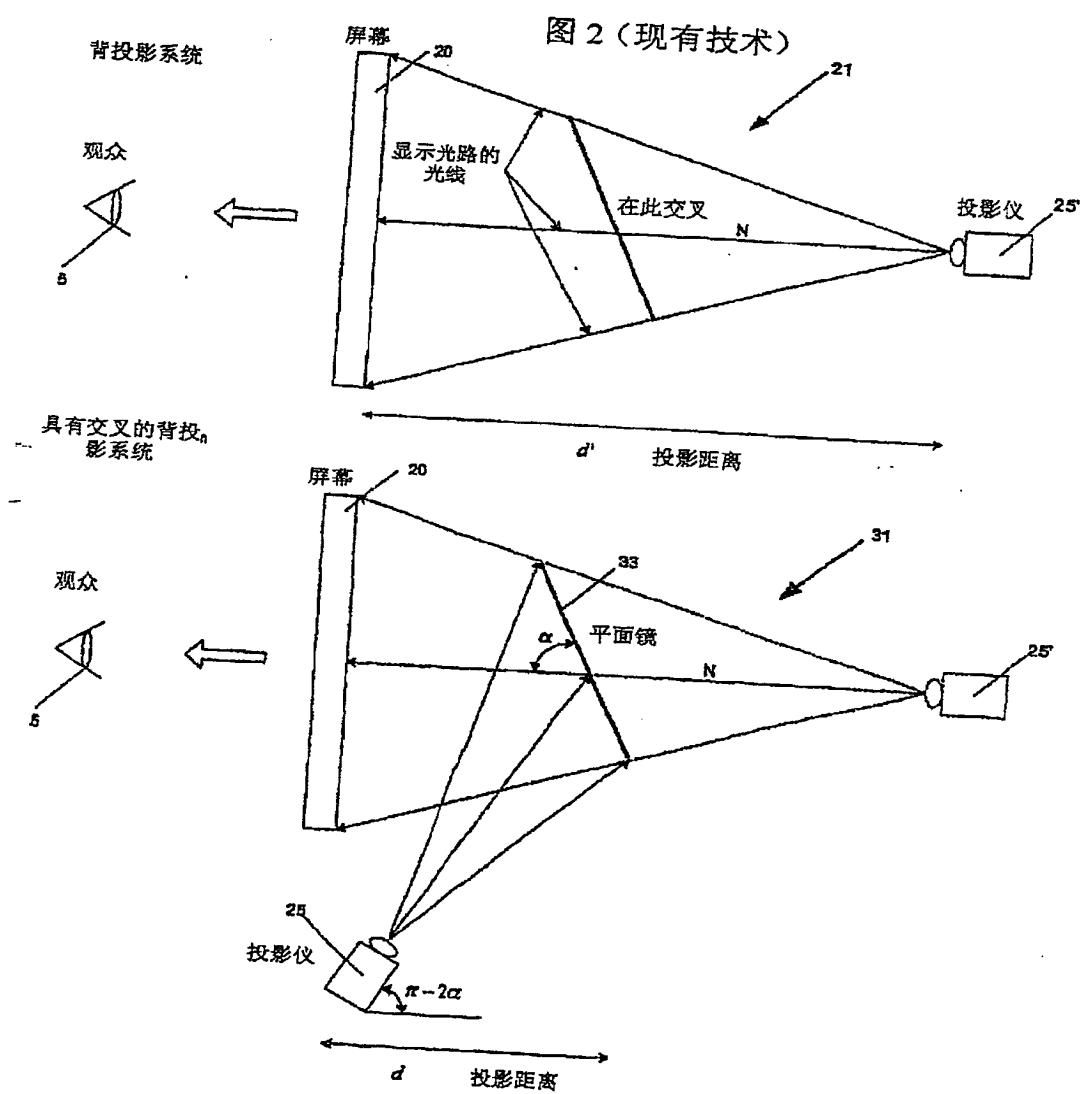
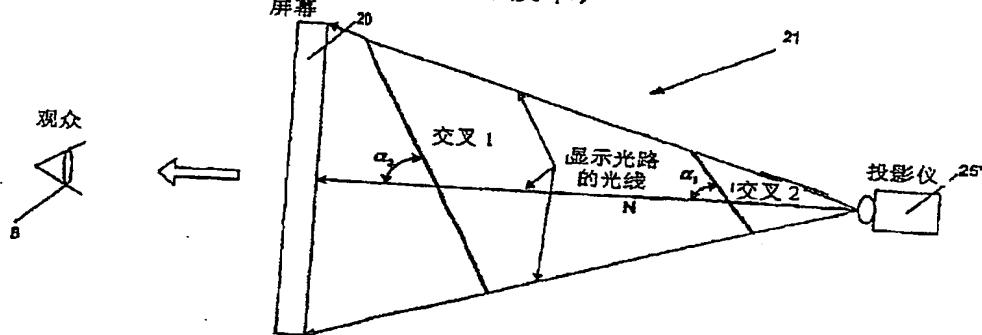


图1 (现有技术)

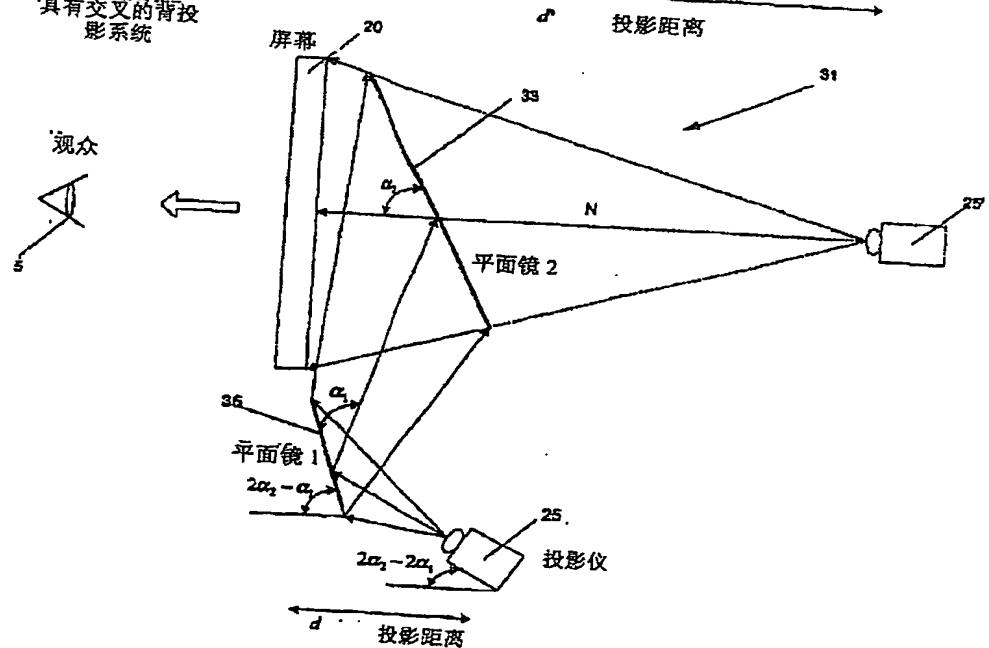


背投影系统

图3 (现有技术)



具有交叉的背投影系统



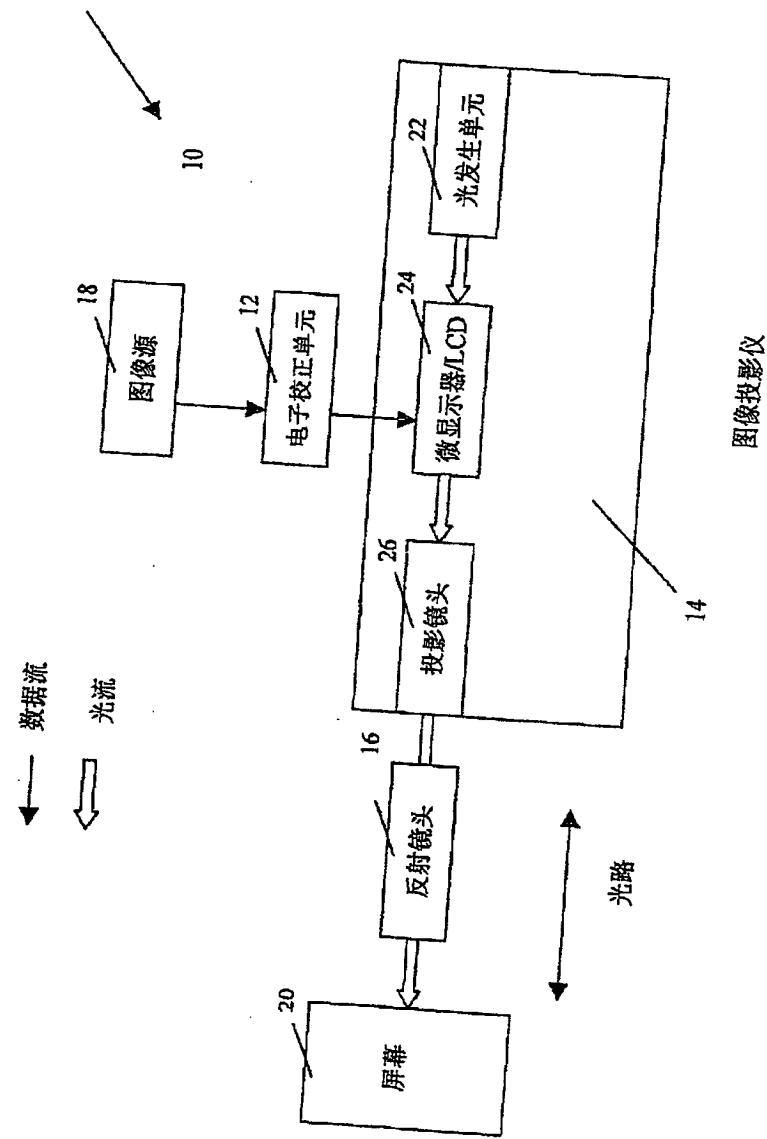


图4

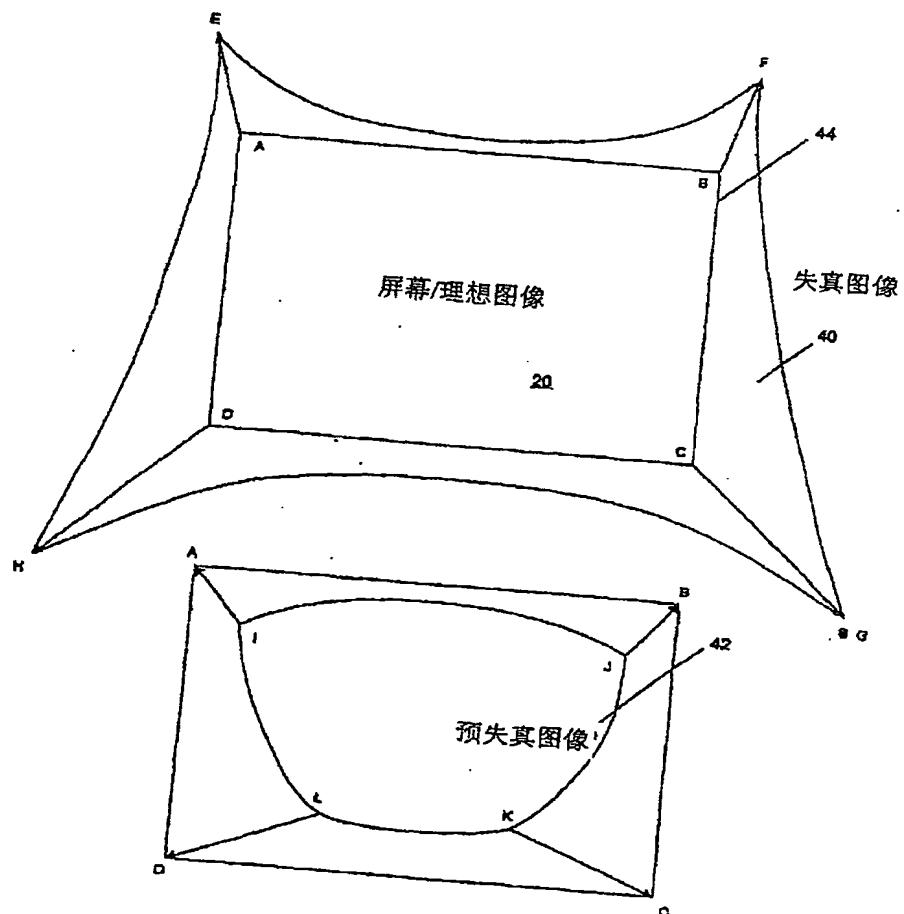


图 5

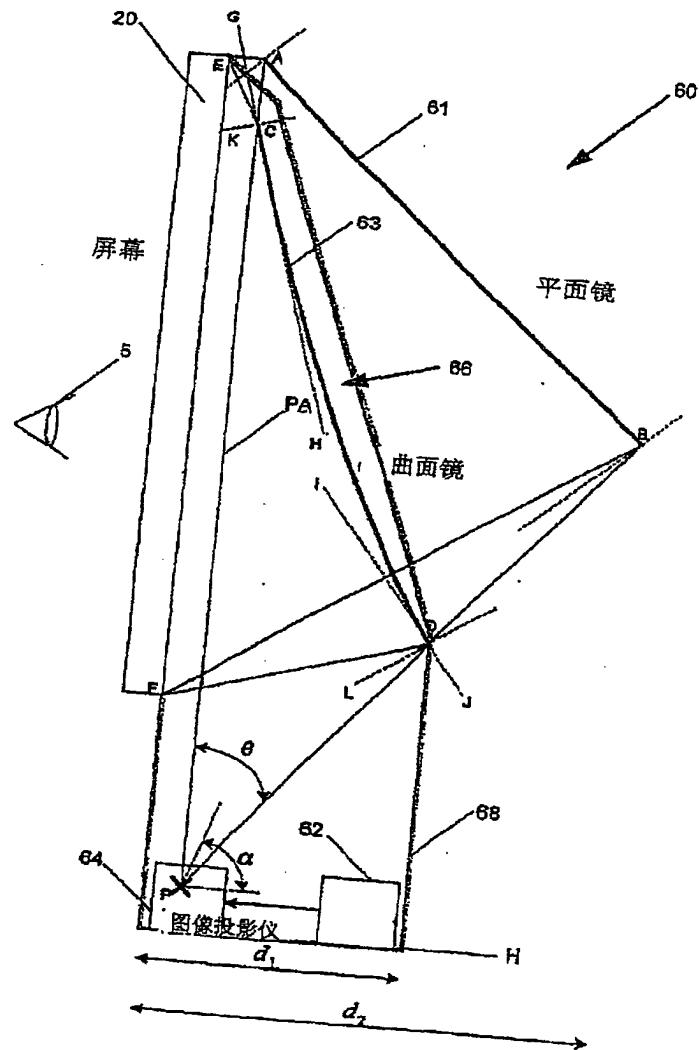


图 6

图 7

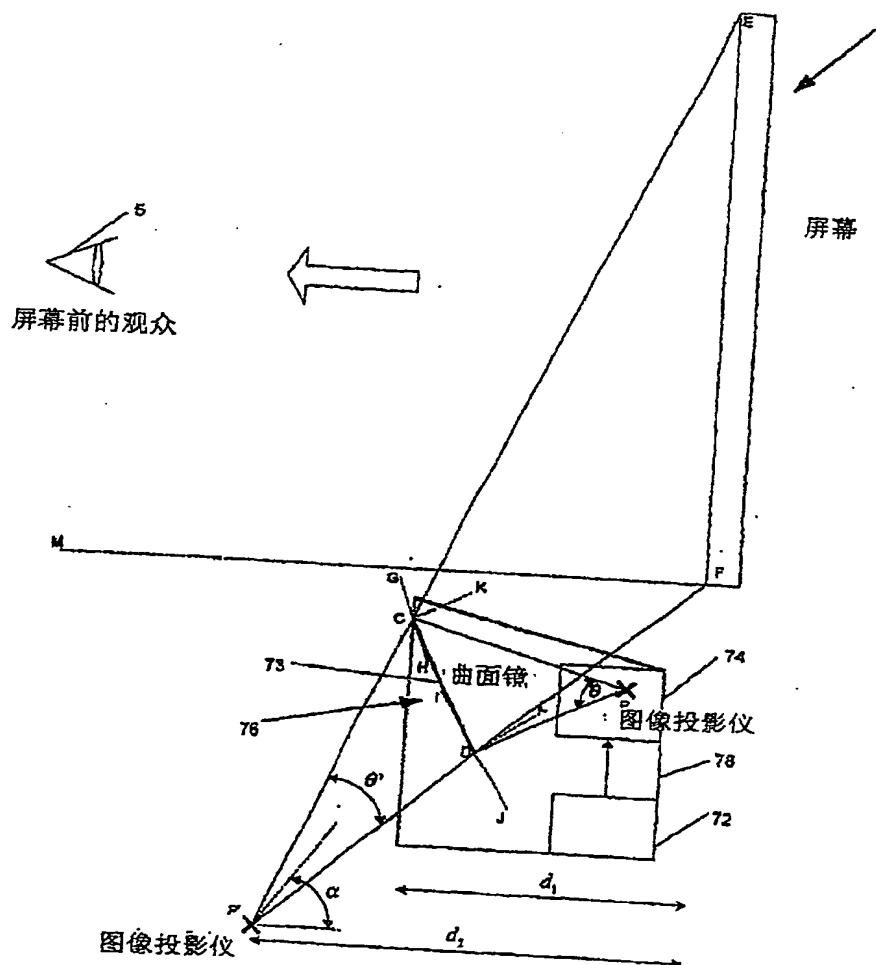


图 8

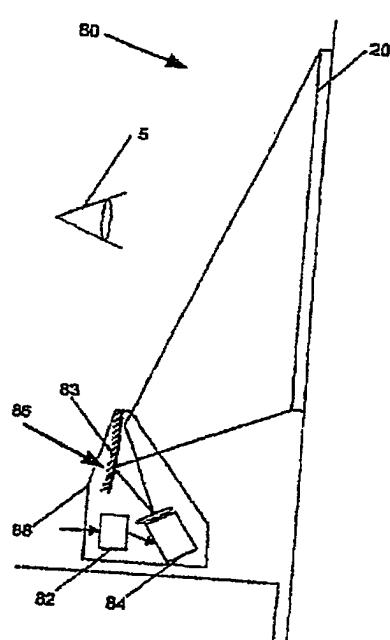
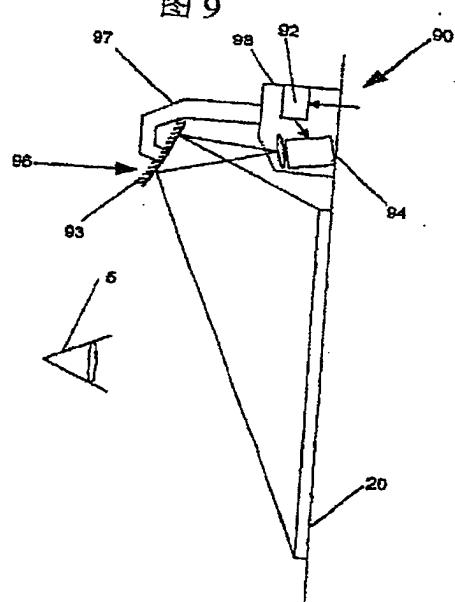
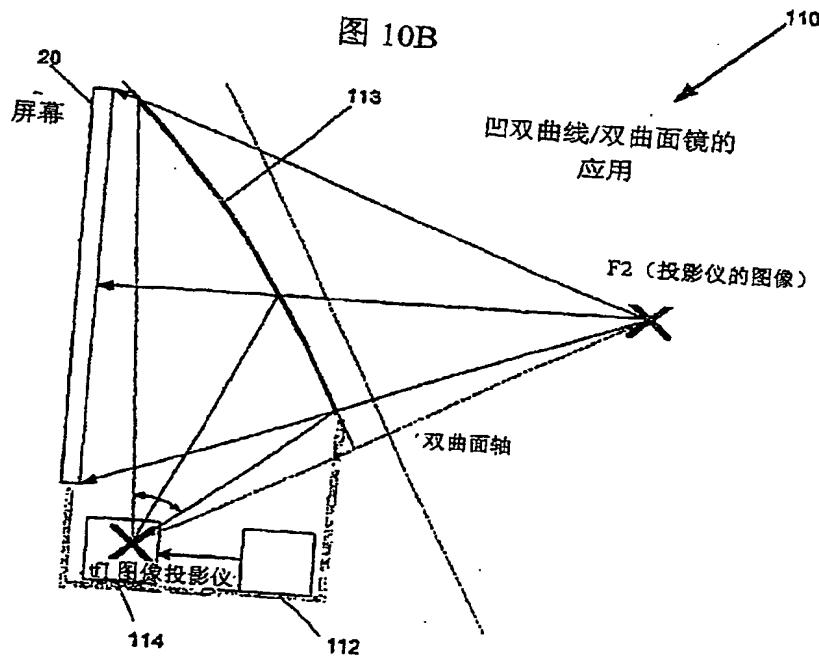
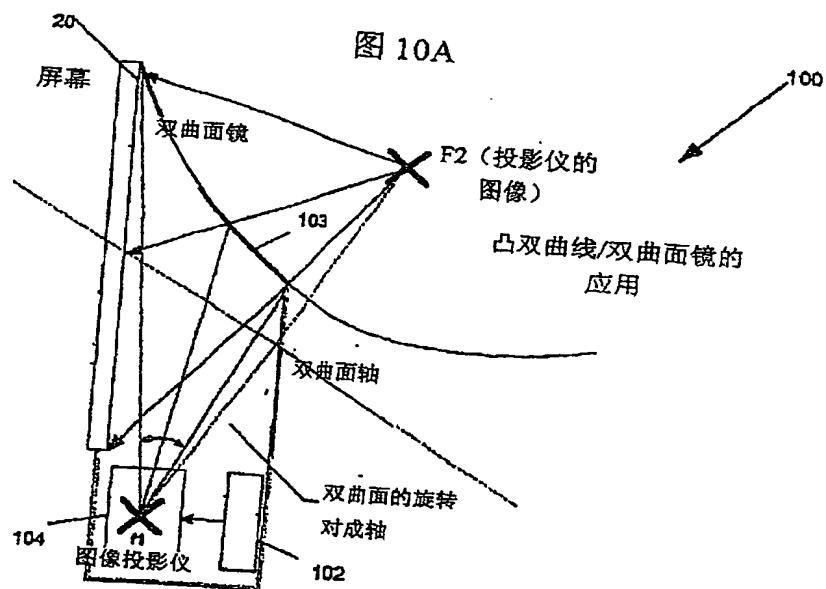


图 9





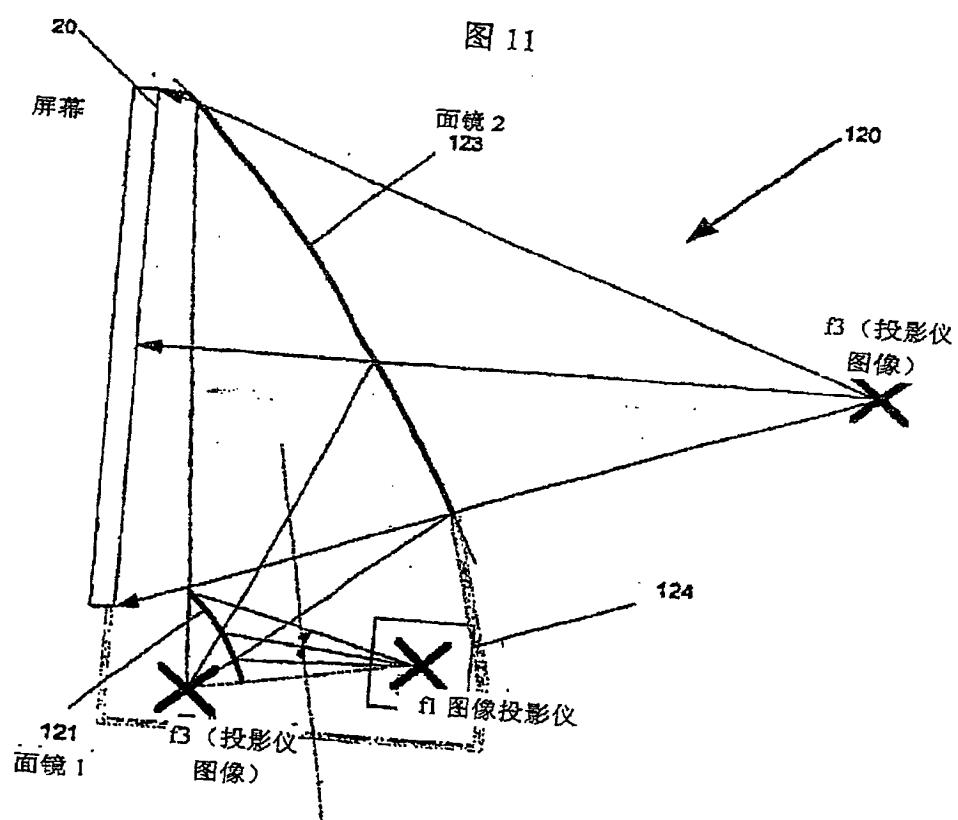


图 12

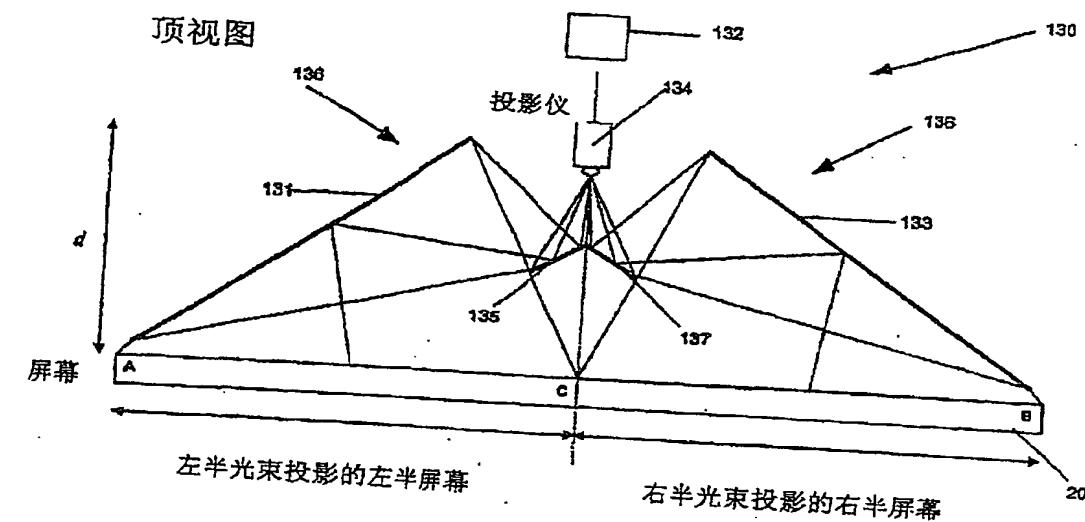
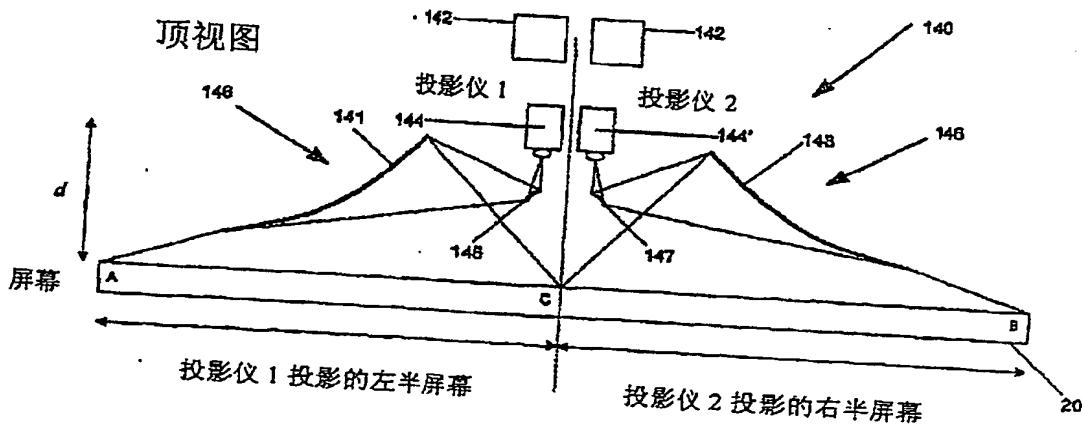


图 13



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**